



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application:

2001年 4月11日

出 願 番 号
Application Number:

特願2001-112745

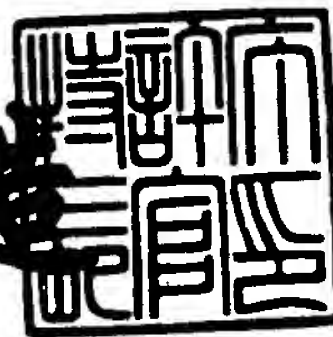
出 願 人
Applicant(s):

株式会社ニコン
株式会社荏原製作所

2001年 8月10日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3070899

【書類名】 特許願

【整理番号】 010530

【提出日】 平成13年 4月11日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01N

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 荏原マイスター株式
 会社内

 【氏名】 中筋 護

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所
 内

 【氏名】 野路 伸治

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所
 内

 【氏名】 佐竹 徹

【特許出願人】

 【識別番号】 000004112

 【氏名又は名称】 株式会社ニコン

【特許出願人】

 【識別番号】 000000239

 【氏名又は名称】 株式会社荏原製作所

【代理人】

 【識別番号】 100089705

 【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 2 番 1 号 新大手町ビル 2
 0 6 区 ユアサハラ法律特許事務所

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 社本 一夫

【電話番号】 03-3270-6641

【選任した代理人】

【識別番号】 100080137

【弁理士】

【氏名又は名称】 千葉 昭男

【選任した代理人】

【識別番号】 100083895

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊藤 茂

【選任した代理人】

【識別番号】 100093713

【弁理士】

【氏名又は名称】 神田 藤博

【選任した代理人】

【識別番号】 100093805

【弁理士】

【氏名又は名称】 内田 博

【選任した代理人】

【識別番号】 100106208

【弁理士】

【氏名又は名称】 宮前 徹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 051806

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0010958

特 2 0 0 1 - 1 1 2 7 4 5

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電子線装置及び該装置を用いたデバイス製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の電子線を、コンデンサレンズを含むレンズ系で集束し、対物レンズで試料上に結像する電子線装置において、上記対物レンズの前段のレンズが作る上記電子線のクロスオーバー位置を、同対物レンズの上記レンズ系側近傍位置にしたことを特徴とする電子線装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の電子線装置において、上記複数の電子線は、単一の電子銃から放射されて複数の開口を通過して形成された複数の電子線、又は、複数の電子銃から放出された複数の電子線、若しくは、単一の電子銃に形成された複数のエミッターから放出された複数の電子線であることを特徴とする電子線装置。

【請求項 3】 請求項 1 若しくは 2 に記載の電子線装置において、上記クロスオーバー位置は、対物レンズの主面より上記レンズ系側であることを特徴とする電子線装置。

【請求項 4】 請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の電子線装置を用いて、製造プロセス途中のウェーハの評価を行うことを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は最小線幅 0. 1 μ m 以下のパターンが形成されたウェーハ等の評価を高スループット・高信頼性で行う装置に関し、また、そのような装置を用いて歩留り良くデバイスを製造する方法に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

電子光学系での倍率色収差と回転色収差を補正する方法は、対称磁気ダブルットレンズを用いる方法が知られている。静電レンズ系では回転色収差は発生しないので、倍率色収差を対称ダブルットレンズを用いて補正することが行われる。

【 0 0 0 3 】

【発明が解決しようとする課題】

対称ダブルットレンズでは、例えば縮小レンズ系を作る場合、2段のレンズを必要とし、それぞれのレンズの寸法比を縮小比と同じ比率にする必要がある。例えば1/10縮小の系を作るとすると、小さい側のレンズは加工精度等で決る寸法より小さくできないので、例えばボア径が5mmφ、レンズギャップが5mm程度とすると、大きい側のレンズはボア径が50mmφ、レンズギャップも50mmとなり、かなり大寸法のレンズを作らざるを得ず、また、実際の装置で倍率を変化させようとする、対称ダブルット条件が狂ってしまう等の問題があった。

【0004】

本発明は上記の如き問題に鑑み、2段以上のレンズ系で倍率が調整可能で、単レンズで倍率色収差を補正可能な電子光学系を得ることを目的とする。

また、デバイス製造における歩留りを低下させる原因を、上記の装置を用いて早期に発見するためのウェーハ評価を行う方法を提供することも目的とする。

【0005】

【問題を解決するための手段】

すなわち、本発明は、複数の電子線を、コンデンサレンズを含むレンズ系で集束し、対物レンズで試料上に結像する電子線装置であって、上記対物レンズの前段のレンズが作る上記電子線のクロスオーバー位置を、同対物レンズの上記レンズ系側近傍位置にしたことを特徴とする電子線装置を提供する。具体的には、上記クロスオーバー位置は、対物レンズの主面より上記レンズ系側とする。

【0006】

クロスオーバー位置を上記の如くすることにより、試料上で結像される電子線に生じる収差、特に色収差を低減することができる。

上記複数の電子線は、単一の電子銃から放射されて複数の開口を通過して形成された複数の電子線、複数の電子銃から放出された複数の電子線、若しくは、単一の電子銃に形成された複数のエミッターから放出された複数の電子線とすることができる。

【0007】

本発明はまた、上記の如き電子線装置を用いて、製造プロセス途中のウェーハの評価を行うことを特徴とするデバイス製造方法を提供する。

【 0 0 0 8 】

【発明の実施の形態】

図 1 は、本発明に係る電子線装置の一つの実施の形態を概略的に示す図で、同図において、電子銃 1 から放出された電子線は、コンデンサレンズ 2 によって集束されて点 4 においてクロスオーバを形成する。

【 0 0 0 9 】

コンデンサレンズ 2 の下方には、複数の開口を有する第 1 のマルチ開口板 3 が配置され、これによって複数の一次電子線が形成される。第 1 のマルチ開口板 3 によって形成された一次電子線のそれぞれは、縮小レンズ 5 によって縮小されて点 1 5 で合焦され、更に、対物レンズ 7 によって試料 8 に合焦される。第 1 のマルチ開口板 3 から出た複数の一次電子線は、縮小レンズ 5 と対物レンズ 7 との間に配置された偏向器により、試料 8 の面上の異なる位置を同時に走査するよう偏向される。

【 0 0 1 0 】

縮小レンズ 5 及び対物レンズ 7 の像面湾曲収差の影響を無くすため、図 2 に示すように、マルチ開口板 3 は、その複数の開口が、当該マルチ開口板 3 上の同一円周上に配置され、その中心を通る X 軸へ投影したものは等間隔となるようにされている。

【 0 0 1 1 】

複数の一次電子線によって照射された試料 8 上の複数の点からは、それぞれ二次電子線が放出され、対物レンズ 7 の電界に引かれて細く集束され、E × B 分離器 6 で偏向され、二次光学系に投入される。二次電子像は点 1 5 より対物レンズ 7 に近い点 1 6 に焦点を結ぶ。これは、各一次電子線は試料面上で 5 0 0 e V にエネルギーを持っているのに対して、二次電子線は数 e v のエネルギーしか持っていないためである。

【 0 0 1 2 】

二次光学系は拡大レンズ 9、1 0 を有しており、これらの拡大レンズ 9、1 0

を通過した二次電子線は第 2 マルチ開口板 1 1 の複数の開口を通過して複数の検出器 1 2 に結像する。なお、検出器 1 2 の前に配置された第 2 のマルチ開口板 1 1 の複数の開口と、第 1 のマルチ開口板 3 の複数の開口とは位置関係が一对一に対応している。

【 0 0 1 3 】

それぞれの検出器 1 2 は、検出した二次電子線を、その強度を表す電気信号へ変換する。こうした各検出器から出力された電気信号は増幅器 1 3 によってそれぞれ増幅された後、画像処理部 1 4 によって受信され、画像データへ変換される。画像処理部 1 4 には、一次電子線を偏向させるための走査信号が更に供給されるので、画像処理部 1 4 は資料 8 の面を表す画像を表示する。この画像を標準パターンと比較することにより、試料 8 の欠陥を検出することができ、また、レジストレーションにより試料 8 の被測定パターンを一次光学系の光軸の近くへ移動させ、ラインスキャンすることによって線幅評価信号を取り出し、これを適宜に校正することにより、試料 8 上のパターンの線幅を測定することができる。

【 0 0 1 4 】

ここで、第 1 のマルチ開口板 3 の開口を通過した一次電子線を試料 8 の面上に合焦させ、試料 8 から放出された二次電子線を検出器 1 2 に結像させる際、一次光学系で生じる歪み、像面湾曲及び視野非点という 3 つの収差による影響を最小にするよう特に配慮する必要がある。

【 0 0 1 5 】

次に、複数の一次電子線の間隔と二次光学系との関係については、一次電子線の間隔を、二次光学系の収差よりも大きい距離だけ離せば複数のビーム間のクロストロークを無くすることができる。

【 0 0 1 6 】

上記光学系では、単一の電子銃からの電子線をマルチ開口を通すことによってマルチビームとした場合について述べたが、電子銃を複数設けたり、電子銃は 1 個であるがカソードのエミッション領域を複数個とすることもできる。

【 0 0 1 7 】

図 3 は図 1 の対物レンズ 7 に関するシュミレーションモデルである。2 1 は光

軸、22は対物レンズ7の上部電極で0V、23は高電圧が印加される対物レンズの中央電極、24はアース電圧とされる対物レンズの下部電極であり、試料面25は-4,000Vとした。26、27、28は、電極を保持する絶縁物スペーサを示す。縮小レンズ5が作るクロスオーバの位置を種々変化させるとともに、対物レンズの中央電極を変化させて、 $Z = 0 \text{ mm}$ にあるマルチビームの像を試料面25に合焦させ、そのときに生じる収差を計算した。

【0018】

図4は、上記シミュレーションの結果を示す。すなわち、変化させたクロスオーバ位置(mm)を横軸とし、それに対応して生じた収差の値を縦軸に示した。このときの中央電極23の上面は、 $Z = 144 \text{ mm}$ とした(図3)。

【0019】

図4でマルチビームの r 位置は $50 \mu\text{m}$ 、開口半角は 5 mrad とした。31、32、33、34、35、36、37はそれぞれ、コマ収差、倍率色収差、非点収差、軸上色収差、像面湾曲、歪、及び、ボケである。マルチビームが光軸を中心とする円周上にある場合は、像面湾曲35は0であるからボケ37は、実質的に倍率色収差32と軸上色収差34で決る。ここで電子銃のエネルギー幅は 5 eV とした。クロスオーバ位置を 140 mm とした時、倍率色収差32はほぼ問題ない値に小さくなっている。すなわち、このシミュレーションによれば、前段レンズが作るクロスオーバ位置を、対物レンズ中央電極位置(144 mm)よりも電子銃側に形成する様にすれば良いことがわかる。

【0020】

図5及び図6は、上記した電子線装置を用いて、半導体デバイス製造工程におけるウェーハの評価を行う実施形態を示す。

デバイス製造工程の一例を図5のフローチャートに従って説明する。

【0021】

この製造工程例は以下の各主工程を含む。

- ① ウェーハを製造するウェーハ製造工程(又はウェーハを準備する準備工程)
(ステップ100)
- ② 露光に使用するマスクを製作するマスク製造工程(又はマスクを準備するマ

スク準備工程) (ステップ101)

③ ウェーハに必要な加工処理を行うウェーハプロセッシング工程 (ステップ102)

④ ウェーハ上に形成されたチップを1個ずつ切り出し、動作可能にならしめるチップ組立工程 (ステップ103)

⑤ 組み立てられたチップを検査するチップ検査工程 (ステップ104)

なお、各々の工程は、更に幾つかのサブ工程からなっている。

【0022】

これらの主工程の中で、半導体デバイスの性能に決定的な影響を及ぼす主工程がウェーハプロセッシング工程である。この工程では、設計された回路パターンをウェーハ上に順次積層し、メモリやMPUとして動作するチップを多数形成する。このウェーハプロセッシング工程は以下の各工程を含む。

① 絶縁層となる誘電体薄膜や配線部、或いは電極部を形成する金属薄膜等を形成する薄膜形成工程 (CVDやスパッタリング等を用いる)

② 形成された薄膜層やウェーハを酸化する酸化工程

③ 薄膜層やウェーハ等を選択的に加工するためにマスク (レチクル) を用いてレジストのパターンを形成するリソグラフィー工程

④ レジストパターンに従って薄膜層やウェーハを加工するエッチング工程 (例えばドライエッチング技術を用いる)

⑤ イオン・不純物注入拡散工程

⑥ レジスト剥離工程

⑦ 加工されたウェーハを検査する検査工程

なお、ウェーハプロセッシング工程は必要な層数だけ繰り返し行い、設計通り動作する半導体デバイスを製造する。

【0023】

上記ウェーハプロセッシング工程の中核をなすリソグラフィー工程を図6のフローチャートに示す。このリソグラフィー工程は以下の各工程を含む。

① 前段の工程で回路パターンが形成されたウェーハ上にレジストをコートするレジスト塗布工程 (ステップ200)

- ② レジストを露光する露光工程（ステップ 2 0 1）
 - ③ 露光されたレジストを現像してレジストのパターンを得る現像工程（ステップ 2 0 2）
 - ④ 現像されたパターンを安定化させるためのアニール工程（ステップ 2 0 3）
- 以上の半導体デバイス製造工程、ウエーハプロセッシング工程、リソグラフィ工程には周知の工程が適用される。

【 0 0 2 4 】

上記⑦のウエーハ検査工程において、本発明の上記各実施形態に係る電子線装置を用いた場合、微細なパターンを有する半導体デバイスでも、スループットよく検査できるので、全数検査が可能となり、製品の歩留向上、欠陥製品の出荷防止が可能となる。

【 0 0 2 5 】

【発明の効果】

- 1. マルチビームを使うことにより電子線によるウエーハ等の評価を高スループット化できる。
- 2. マルチビームを配置する半径を大きくした時に問題となる倍率の色収差を問題ないレベル迄小さくする事ができた。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の電子線装置の概略光学系図である。

【図 2】

図 1 の電子線装置で用いられる開口板の平面図である。

【図 3】

本発明の電子線装置の対物レンズのシュミレーションを示す。

【図 4】

図 4 のシュミレーションでの結果を示す図である。

【図 5】 図 1 の電子光学系を有する電子線装置を用いて製造プロセス途中の半導体デバイスの欠陥検査等が行われる半導体デバイス製造工程を示す図である。

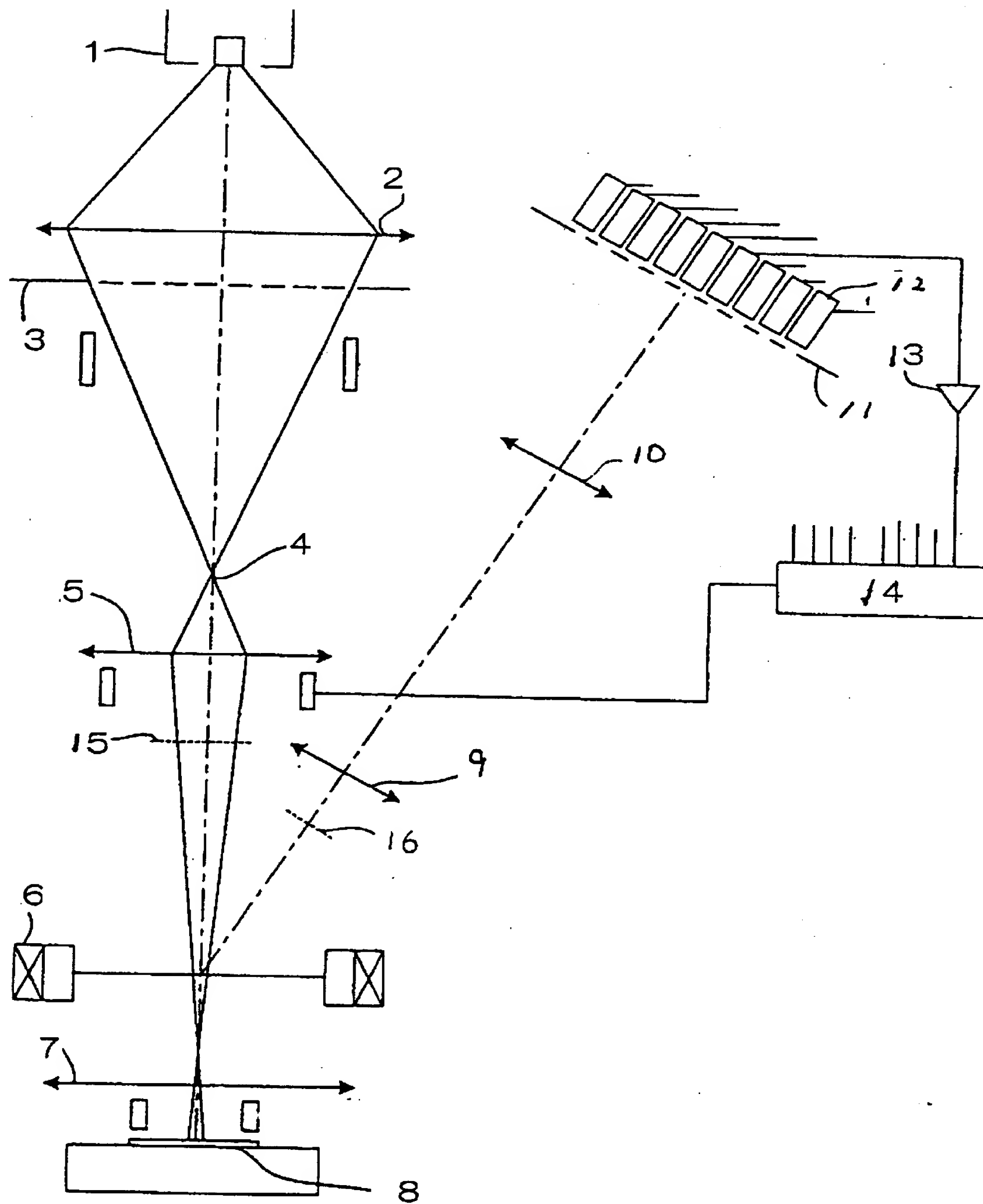
【図 6】 図 5 の製造工程において用いられるリソグラフィ工程を示す図である。

【符号の説明】

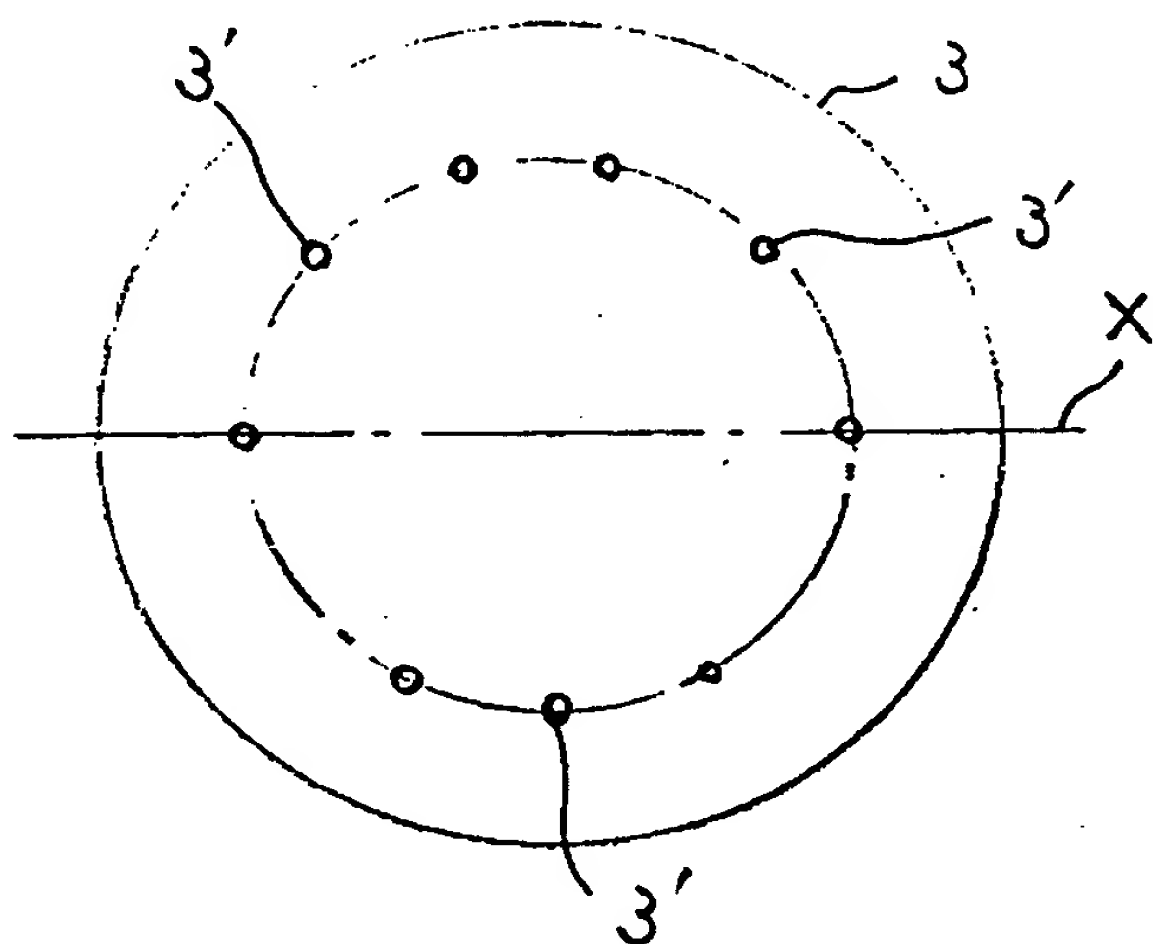
- 1 電子銃 1
- 2 コンデンサレンズ
- 3 第 1 のマルチ開口板
- 5 縮小レンズ
- 7 対物レンズ
- 8 試料
- 3' 開口
- 9、10 拡大レンズ
- 12 検出器
- 14 画像処理部
- 21 光軸
- 22 対物レンズ 7 の上部電極
- 23 対物レンズの中央電極
- 24 対物レンズの下部電極
- 25 試料
- 26、27、28 絶縁物スペーサ

【書類名】 図面

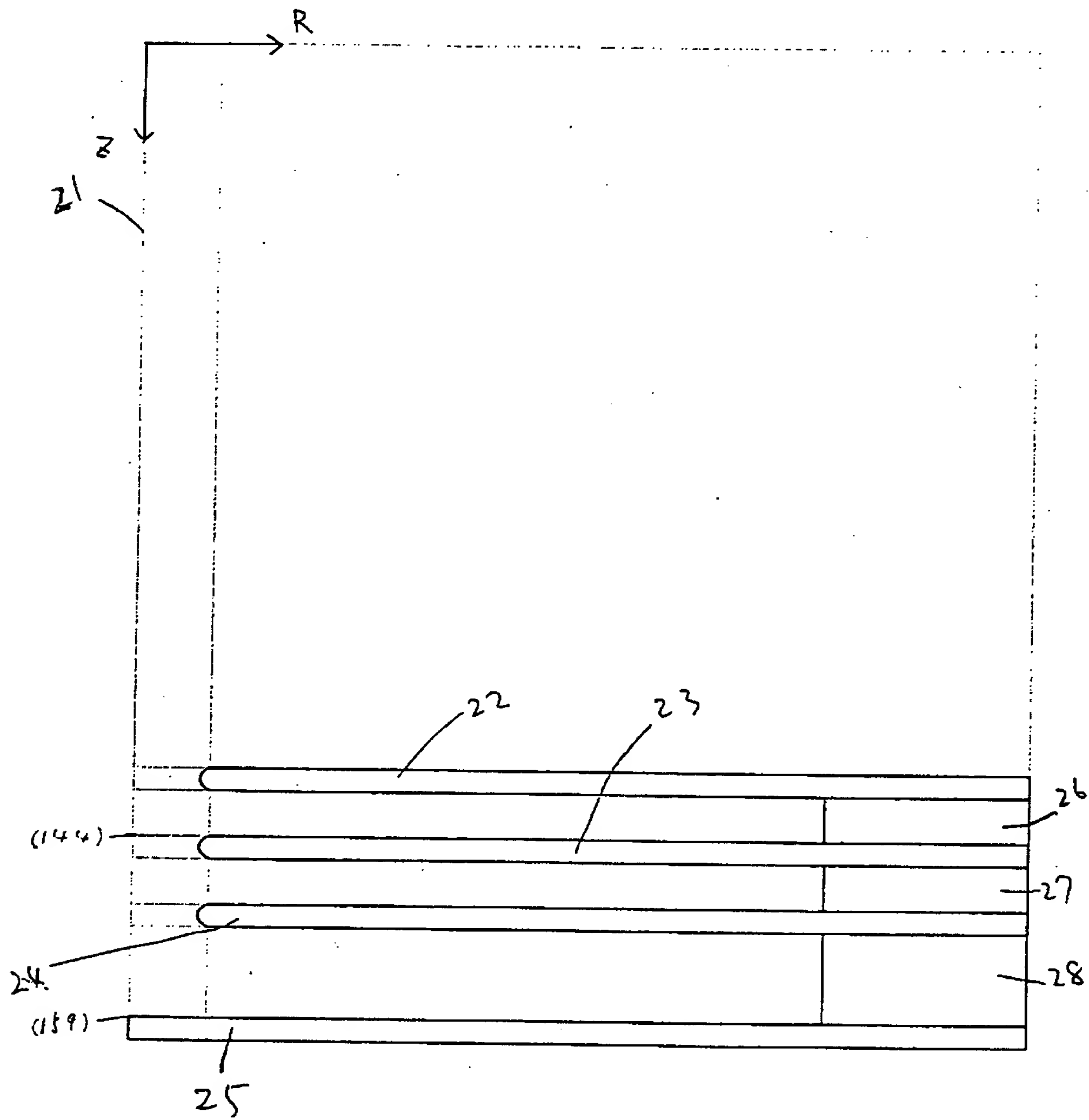
【図 1】



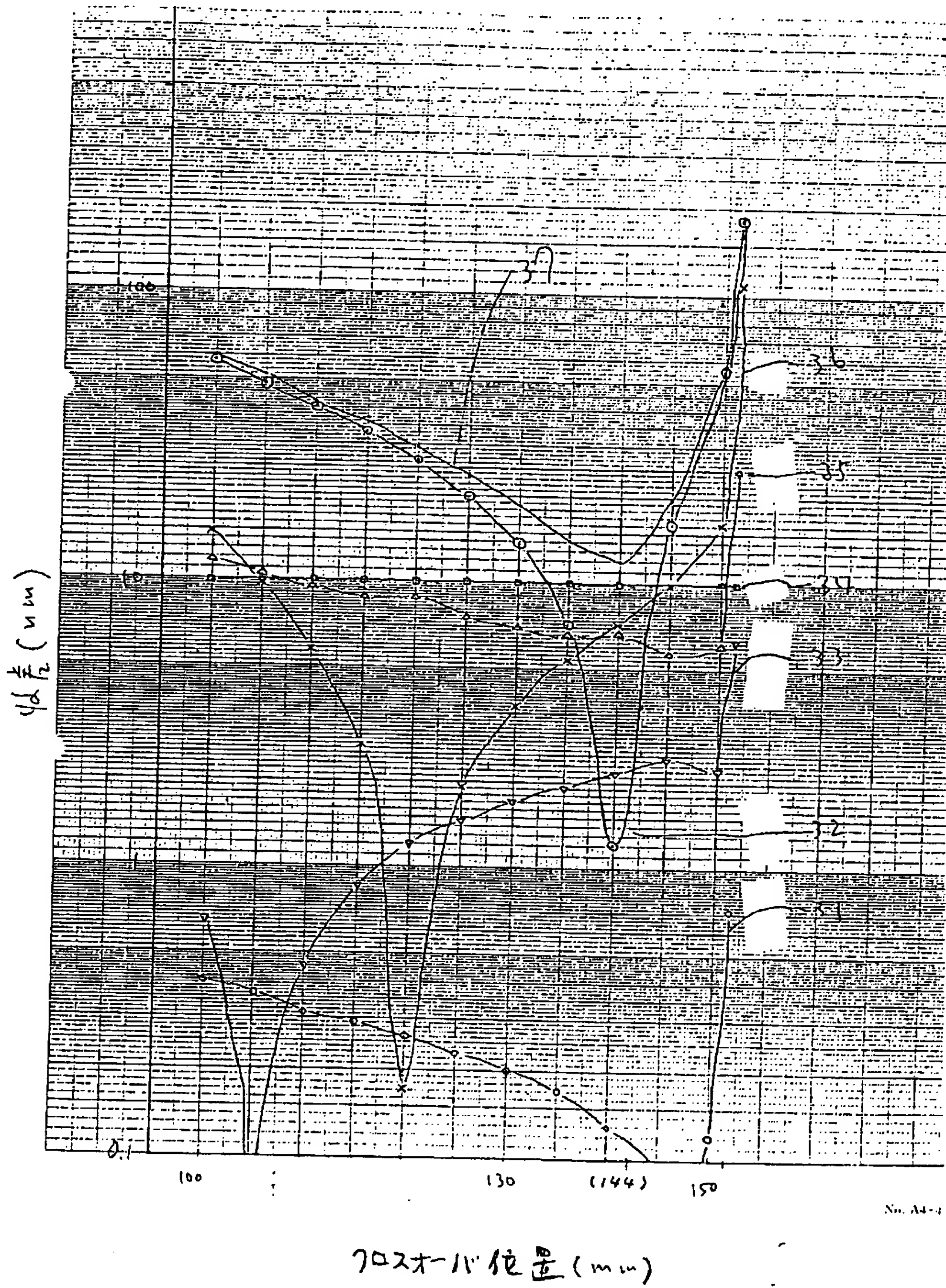
【図 2】



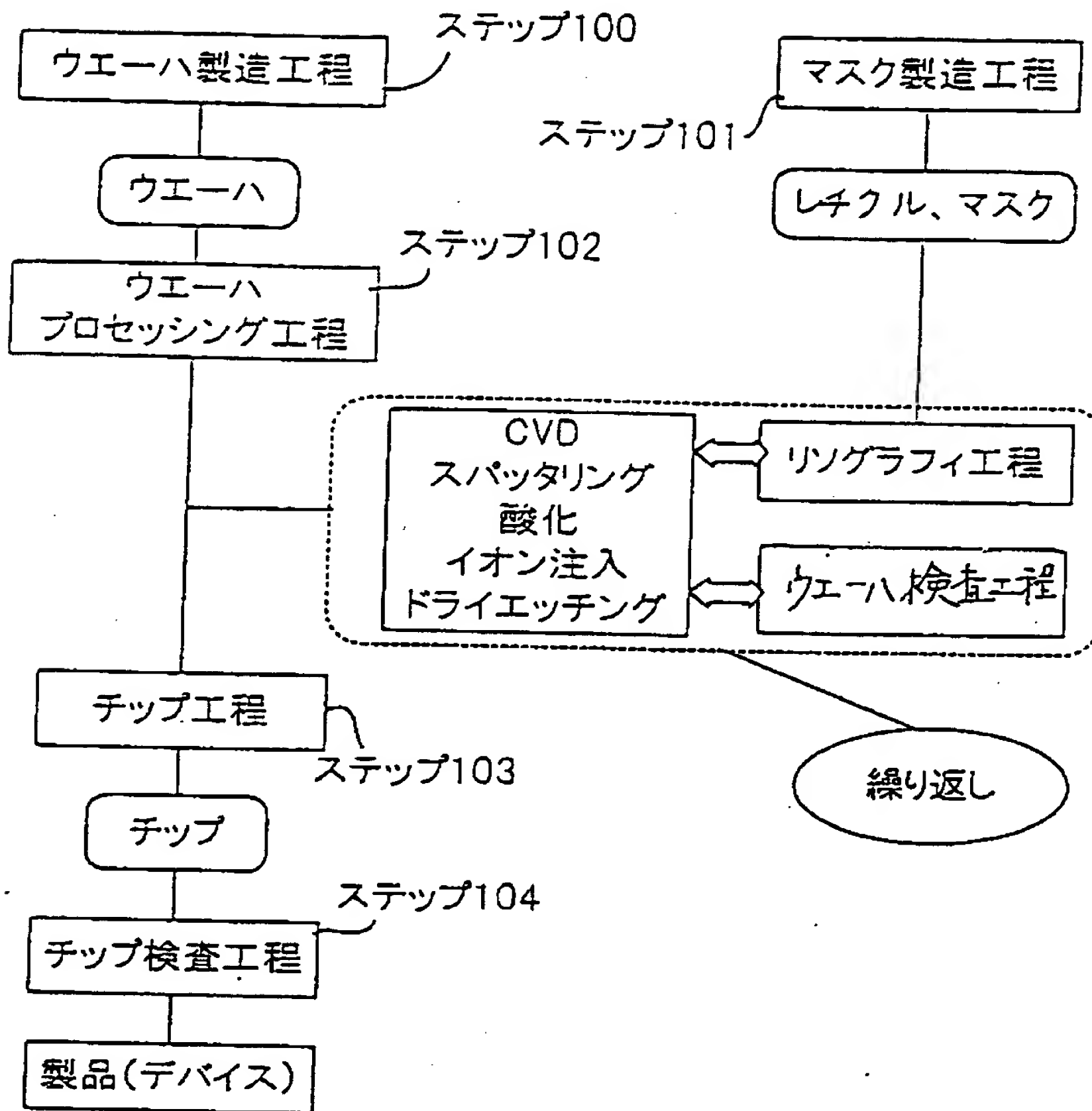
【図3】



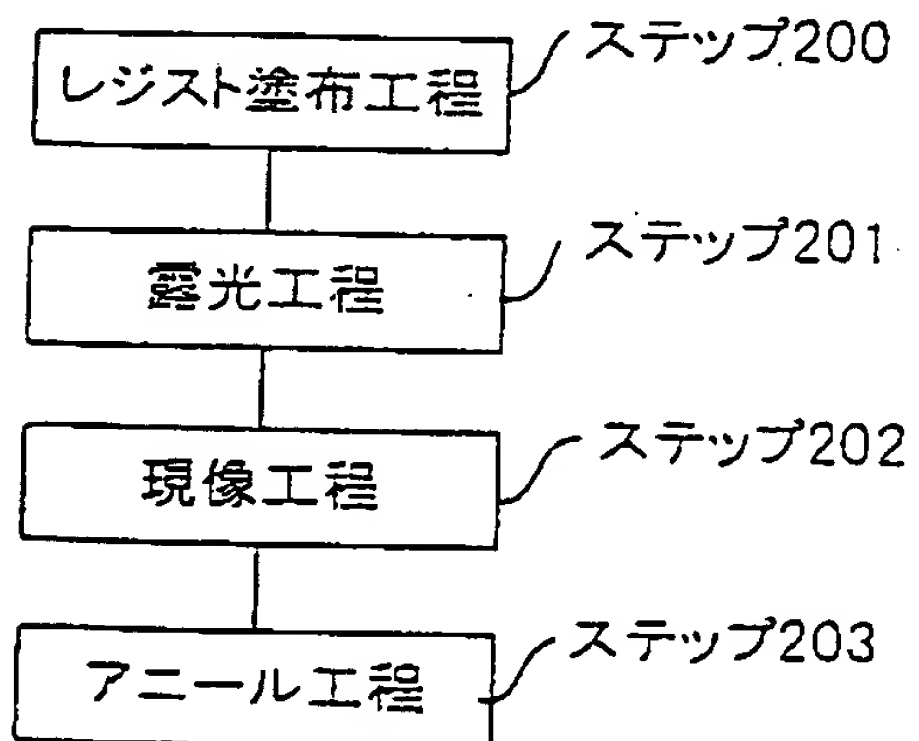
【図4】



【図5】



【図6】



【書類名】 要約書

【要約】

【解決課題】 複数の電子線を、コンデンサレンズを含むレンズ系で集束し、対物レンズで試料上に結像する電子線装置において、試料上に結像される電子線に生じる収差をできるだけ少なくする。

【解決手段】 対物レンズの前段のレンズが作る電子線のクロスオーバー位置を、同対物レンズの上記レンズ系側近傍位置にする。

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004112]

1. 変更年月日 1990年 8月29日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
氏 名 株式会社ニコン

出願人履歴情報

識別番号 [000000239]

1. 変更年月日 1990年 8月31日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都大田区羽田旭町11番1号

氏 名 株式会社荏原製作所